

157 *Simple + mente física*

Calcula la temperatura solar con tu mano y una bombilla (6 febrero 2012)

Toma una bombilla de filamento incandescente y anota su potencia P (que suele venir indicada en su superficie o el casquillo). Tras encenderla, acerca tu mano a la bombilla, tal como se muestra en la figura, poco a poco hasta que notes una sensación térmica semejante a la producida por el Sol. Entonces mide la distancia d entre el dorso¹ de tu mano y el centro de la bombilla (basta con sumar el radio de la bombilla y la distancia entre su superficie y la mano).

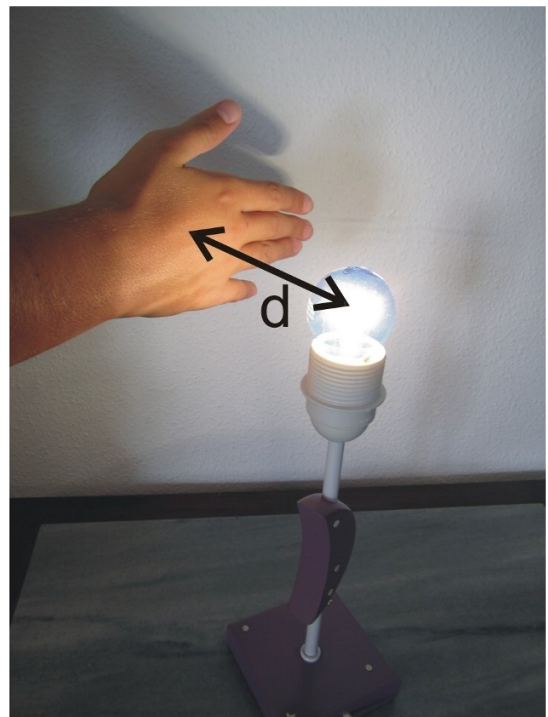
A partir de los valores de P y d puedes obtener una estimación aproximada para la temperatura de la superficie del Sol, que se calcularía mediante la siguiente expresión:

$$T_{\text{sol}} \approx 504 \sqrt[4]{\frac{P}{d^2}}.$$

Ten en cuenta que todas las unidades han de estar expresadas en el SI; la temperatura se obtiene en kelvin.

El resultado es sorprendentemente bueno, dados los medios empleados.

La expresión que se ha empleado para calcular T_{sol} se justificará en la respuesta a esta cuestión.



AVISO: El objeto de *Simple+mente física* no va más allá del placer que proporciona plantearse y resolver sencillas cuestiones razonando (y experimentando) de acuerdo con principios básicos de la física. No hay ningún tipo de compensación, excepto la satisfacción personal y no van dirigidas a ningún grupo de personas en particular (es decir, están abiertas a todo el mundo).

El primer día hábil de cada semana se presentará (al menos, se intentará) una nueva cuestión y la respuesta a la cuestión de la semana anterior.

Rafael Garcia Molina, Departamento de Física - CIOyN, Universidad de Murcia (rgm@um.es)

<http://bohr.inf.um.es/miembros/rgm/s+mf/>

¹ También puedes usar la palma de la mano, pero la piel del dorso es más sensible.

Resp.: A continuación se muestra los datos correspondientes a medidas realizadas por varias personas:

$$\begin{aligned} P=60 \text{ W}, d=5.5 \text{ cm} & \rightarrow T_{\text{sol}} = 5981 \text{ K} \\ P=60 \text{ W}, d=6 \text{ cm} & \rightarrow T_{\text{sol}} = 5727 \text{ K} \\ P=40 \text{ W}, d=4.5 \text{ cm} & \rightarrow T_{\text{sol}} = 5975 \text{ K} \\ P=40 \text{ W}, d=5.3 \text{ cm} & \rightarrow T_{\text{sol}} = 5506 \text{ K} \end{aligned}$$

Podemos comprobar que, en términos generales, el resultado que se obtiene con esta sencilla experiencia es bastante bueno, puesto que la temperatura de la superficie solar vale $T_{\text{Sol}} \approx 5800 \text{ K}$. A continuación se justifica la expresión que se ha empleado para obtener T_{Sol} a partir de la distancia d entre la mano y el centro de una bombilla cuya potencia vale P .

La mano frente a la bombilla nota la misma sensación térmica que la mano expuesta al Sol. Por lo tanto, en ambos casos la mano recibe la misma energía por unidad superficie y por unidad de tiempo, cuyo valor calcularemos seguidamente.

Bombilla. La energía por unidad de superficie y unidad de tiempo que llega a la mano procedente de la bombilla es igual a la potencia P de la bombilla dividida por la superficie de la esfera cuyo radio es la distancia d a la que se encuentra la mano:

$$F_{\text{bombilla}} = P / (4 \pi d^2), \quad (1)$$

Sol. Si consideramos el Sol como un cuerpo negro a la temperatura T_{Sol} , la energía que emite por unidad de superficie y de tiempo viene dada por la ley de Stefan-Boltzmann: $F_{\text{Sol}} = \sigma T_{\text{Sol}}^4$. Si multiplicamos esta expresión por la superficie solar, se obtiene la energía que emite el Sol por unidad de tiempo: $P_{\text{Sol}} = (\sigma T_{\text{Sol}}^4) (4 \pi R_{\text{Sol}}^2)$, donde R_{Sol} es el radio del Sol.

La energía solar que llega a la Tierra por unidad de tiempo y de superficie se obtiene dividiendo la expresión anterior por la superficie de la esfera cuyo radio es la distancia promedio R_{ST} entre el Sol y la Tierra

$$F_{\text{Sol}} = \sigma T_{\text{Sol}}^4 (R_{\text{Sol}} / R_{\text{ST}})^2. \quad (2)$$

Al igualar las expresiones (1) y (2), se despeja la temperatura solar en términos de la potencia P de la bombilla, la distancia d entre la mano y la bombilla, el radio R_{Sol} del Sol, la distancia promedio R_{ST} entre el Sol y la Tierra y la constante de Stefan-Boltzmann:

$$T_{\text{Sol}} = \sqrt[4]{\frac{P R_{\text{ST}}^2}{4 \pi \sigma d^2 R_{\text{Sol}}^2}}.$$

Tras sustituir los valores $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$, $R_{\text{Sol}} = 6.96 \times 10^8 \text{ m}$ y $R_{\text{ST}} = 1.49 \times 10^{11} \text{ m}$, se llega a la expresión

$$T_{\text{Sol}} \approx 504 \sqrt[4]{\frac{P}{d^2}}.$$

En la deducción anterior no se ha tenido en cuenta que aproximadamente el 25% de la radiación solar que incide sobre la atmósfera terrestre no alcanza la superficie de la Tierra. Por lo tanto, habría que multiplicar por $3/4$ la ec. (2), con lo que la expresión final para la temperatura solar sería

$$T_{\text{Sol}} = \sqrt[4]{\frac{4}{3} \frac{P R_{\text{ST}}^2}{4 \pi \sigma d^2 R_{\text{Sol}}^2}} \approx 541 \sqrt[4]{\frac{P}{d^2}}.$$

De este modo, la T_{Sol} calculada al principio resultaría ligeramente mayor.

Aun así, la comparación con la temperatura solar sigue siendo sorprendentemente buena, dada la sencillez de las medidas realizadas.